

ОКЕАНОГРАФСКО ИЗСЛЕДВАНЕ НА КАЧЕСТВАТА НА КРАЙБРЕЖНИТЕ МОРСКИ ВОДИ, ПОВЛИЯНИ ОТ ВЛИВАНЕТО НА РЕКА ДВОЙНИЦА

Димитър Трухчев, Галина Щерева, Антон Кръстев, Виолета Слабакова

OCEANOGRAPHIC RESEARCH ON THE QUALITY OF THE COASTAL WATERS AFFECTED BY RUNOFF FROM THE RIVER DVOYNITSA

Dimitar Trukhchev, Galina Shtereva, Anton Krastev, Violeta Slabakova

Abstract: There are shown results from two hydrophysical and hydrochemical surveys carried out in August and October 2013 in the coastal sea area in front of the Dvoynitsa river mouth. Through in situ and laboratory measurements and taking into account the dynamical peculiarities of the region at the time of each research, the character of the river water transport and its transformation in the adjacent water area of the Black Sea is estimated. The spatial distribution peculiarities of basic hydrological and hydrochemical parameters (temperature, salinity, transparency, pH, dissolved oxygen and nutrients) are analyzed. The river influence is stronger directly in front of the river mouth, and abates rapidly for less than 1000 m southern and eastern in a narrow coastal stripe. Lower transparency, pH and dissolved oxygen and increased nutrients content in the water area where the main transformation of river water takes place in August. Therefore, in certain cases, the river may appear as a point source of pollution of the marine environment. The results obtained allow to enhance the effectiveness of the carried out monitoring, to bring out reasoned and realistic standards for restricting access to the beach in the area under dangerous situations.

Keywords: oceanography, estuary interactions, marine chemistry, Black Sea, Dvoynitsa river

1. Въведение

Река Двойница е с дължина 52 km. Влива се в Черно море северно от гр. Обзор като на 6 km от морето приема водите на най-големия си приток Великовска. Речното корито се разширява към устието, оттокът в морето е относително слаб със средномногогодишна стойност $2.06 \text{ m}^3/\text{s}$ и няма постоянен характер. Периодично – при по-продължителни и по-силни ветрове от източната четвърт и особено при по-слаб дебит, реката се затваря от пясъчна коса. В такива случаи естественият повърхностен отток се нарушава, речната вода се застоява пред устието, възникват предпоставки за интензивен цъфтеж на фитопланктон, а при възстановяване на връзката с морето – залпови постъпвания на речни води с влошени качества и възможност за повишено съдържание на ешерихия коли и чревни ентерококи.

Двойница протича през урбанизирани и селскостопански територии, което оказва негативно влияние върху водите ѝ. На около 2.5 km от устието реката приема пречистените отпадни води от ПСОВ „Обзор-Бяла”. Екологичното състояние на отделните водни тела се оценява като вероятно в риск с възможност от замърсяване основно от дифузни източници (на азот и фосфор при земеделски практики, при добив на инертни материали, от битов характер и затлачване на коритото). Осъществяваният мониторинг на приоритетните химични елементи и органични съединения и на специфични замърсители показва, че те като цяло са под границата на определяне на използваните методи за анализ или са значително под максимално допустимите концентрации, определени с Директива 2008/105/ЕО. През 2013 г. обаче е установено влошено състояние на водното тяло BG2SE400R006 от басейна на р. Двойница след с. Дюлино до вливането ѝ в Черно море поради замърсяване от органичен произход [1]. Влиянието на постъпващите в Черно море води от реката върху качеството на крайбрежната акватория, включително и зоната на къпане в района на гр. Обзор, досега не е изучавано.

2. Същност на изследването

Конкретен повод за настоящото изследване е наблюдаваното увеличение през определени периоди от летния сезон на 2011 и 2012 г. на заболяванията от ентероколити при лица, посетили плажа в близост до устието на Двойница. Достъпните данни за екологичното състояние на реката не са добре систематизирани и обобщени – в сезонните и годишните доклади на

Басейнова дирекция за управление на водите в Черноморски район (БДЧР) информацията е слабо информативна – нерегулярна по времето, непълна или отсъства. Резултатите от провеждания регулярен мониторинг на речните води показват, че в отделни случаи могат да оказват негативно въздействие върху крайбрежните морски води и да са реална предпоставка за възникване на заболявания. Данните от бреговите мониторингови наблюдения са недостатъчни за обективни оценки за очертаване на района на директното негативно въздействие на реката. Затова **основната цел** на настоящата работа е да се проучи влиянието от речния приток върху качествата на водите от прилежащата крайбрежна акватория на морето и да се оцени района на разпространение на това въздействие в зоната за къпане. За постигане на поставената цел са решени следните основни задачи: 1) създаване на методична основа за провеждането на комплексни изследвания в района на устието на реката и прилежащата морска акватория, които да осигурят представителна информация; 2) провеждане през топлия сезон на 2013 г. на двукратни директни измервания и пробонабиране за лабораторни изследвания в региона; 3) оценка за характера на разпространението на речната вода в морето с отчитане на океанографските особености на района по време на всяка експедиция; 4) обобщаващ анализ на натрупаната информация и оценка за границите на въздействието на речния приток върху крайбрежните води в близост до устието.

3. Методика на изследването

Локалните океанографски характеристики не са проучвани, а данните от мониторинга за водно тяло BG2BS000C007, включващо прилежащата на устието едномилна зона, са за дълбочини около 20 m, т.е. те са за по-отдалечени акватории с друг хидрологичен режим. В условията на недостиг на предварителна информация изборът на методика е съществен етап от изпълнението на изследването. В приетия експериментален подход за проследяване на трансформацията на речните води в морската среда и очертаване на различните характерни зони е приложен опитът от аналогични експерименти, проведени в района на устието на р. Камчия и други крайбрежни акватории [2-5]. Основен индикатор на вливащите се в морето речна вода е солеността S – в района на устието постъпващата вода с нулева соленост започва да се смесва с морската вода докато характеристиките на двете водни маси се изравнят. Речните води са с по-малка плътност, затова се „плъзгат“ върху по-плътните морски води, разпространявайки се чрез дифузията и адвекцията и смесвайки се под влияние на динамичните фактори (вятър, вълнение). Посоката на шлейфа от по-слабо солени води се ориентира пред устието в зависимост от конкретните хидродинамични и метеорологични условия и може да се визуализира по повишената мътност на речните води и поради разлика в цвета на двете основни водни маси; между последните се оформя фронтална зона със солеви градиент. Струята от речните води изпитва различни смущения от динамичен характер – по-силно изразените фактори (вятър, вълнение, течения) ускоряват смесването на двата типа води се и въпросният фронт в крайбрежната акватория се проследява по-трудно. Струята може да меандрира и да се разкъсва, а наблюдаваните характеристики да имат петнист характер. Особеностите на орографията и на геометрията на бреговата линия в района не оказват специфично въздействие върху разпространението на речните водни маси, т.к. брегът е праволинеен, подводният брегови склон е пясъчен, изменя се плавно с отдалечаване от брега и е без локални особености.

За покриване на района с хидрологична снима е необходим малък, плиткогазещ плавателен съд с възможности за подхождане на малки дълбочини в непосредствена близост до брега, оборудван с GPS-система, ехолот, анемометър и хронометър. Поставя се условие за квазисинхронност на измерванията – районът да бъде покрит с наблюденията максимално бързо и резултатите от измерванията да бъдат условно привързани към един и същ момент по времето (т.е. към еднакви хидродинамични условия). В случай на промяна на посоката на вятъра и теченията трябва да има предварително подготвени алтернативни точки, с които да се преориентира полигонът. Измерванията могат да се осъществяват само в определени граници на силата на вятъра и вълнението, за да е възможно подхождането в прибойната зона. При

снимката трябва да се предвидят наблюдения поне в една фонова точка с представителни, ненарушени от въздействието на реката, характеристики, както и в устието на реката и малко по-нагоре по течението, където няма проникване на морска вода в поречието.

Опитът от предишни изследвания [2-4] показва, че така оформеният полигон трябва да има дължина около 1-2 km по посока успоредно на брега (асиметрично разтегнат на север или на юг от устието в зависимост от посоката на вятъра), както и ~1 km в източна посока навътре в морето. Обикновено десетина станции са достатъчно представителни за реконструиране на пространствената изменчивост на изследваните характеристики, те са по-гъсто разположени в близост до устието и се разреждат след фронталната зона, т.е. след като характеристиките на двата типа водни маси започнат да се изравняват.

Наблюдават се следните основни хидрохимични и хидрофизични характеристики на морската вода: температура **T** и соленост, водороден показател **pH**, прозрачност, наситеност с кислород **OS** и биогенни елементи. Разпределенията на **T** и **S** се измерват по целия воден стълб от повърхността до дъното на морето на всяка отделна станция, за прозрачността на морската вода също се определя вертикалното разпределение, за останалите наблюдавани параметри са търсят особеностите в хоризонталното им разпределение в повърхностния слой на морето; за **pH**, **OS** и биогенните елементи са контролирани и придънните стойности в отделни станции. Качеството на речните води е определяно по следните показатели: **T**, електропроводимост, **pH**, **OS**, биогенни елементи.

Профилите на **T** и **S**, както и на концентрацията на разтворения кислород се измерват *in situ* с помощта на много-параметрична сонда YSI Incorporated 6820V. Определянето на **pH** на водата е с комбиниран WTW pH/кондуктометър. Пробите от морска вода се вземат с батометър тип “Goflo” на два хоризонта – повърхностен и придънен. Лабораторните хидрохимични анализи се извършват по стандартни методи: на Винклер – за кислорода и спектрофотометрично – за биогенни елементи [6]. Прозрачността на морската вода се определя с диск на Секи.

4. Резултати от океанографските изследвания

Проведени са две експедиции съответно на 6 август 2013 г. и 8 октомври 2013 г., т.е. полигонните наблюдения са в два различни сезона на топлото полугодие – в средата на хидрологичното лято и в началото на хидрологичната есен. Режимът на вливане на речните води по време на снимките е напълно противоположен: с открито (през август) и затворено от пясъчна коса устие (през октомври). Прекратеният директен приток ограничава натрупването на информация за характера на речното въздействие, но позволява в явен вид да се получи оценка за качествата на крайбрежните води при отсъствието на речен отток. Схемите на разположението на станциите в двете снимки са представени на фиг. 1 и фиг. 2: точките принадлежат на крайбрежния район около устието – максималната достигната работна дълбочина е около 9 m (табл. 1), разликите в разположението и броя им между двете изследвания са породени от отлчиията в хидрометеорологични условия и в хидрологично състояние на реката. Пробите от речна вода са взети от района на самото устие и на около 1 km навътре по поречието. Времето за провеждане на експедиционните измервания и пробовземания и в двата случая е преди обяд (табл. 1).

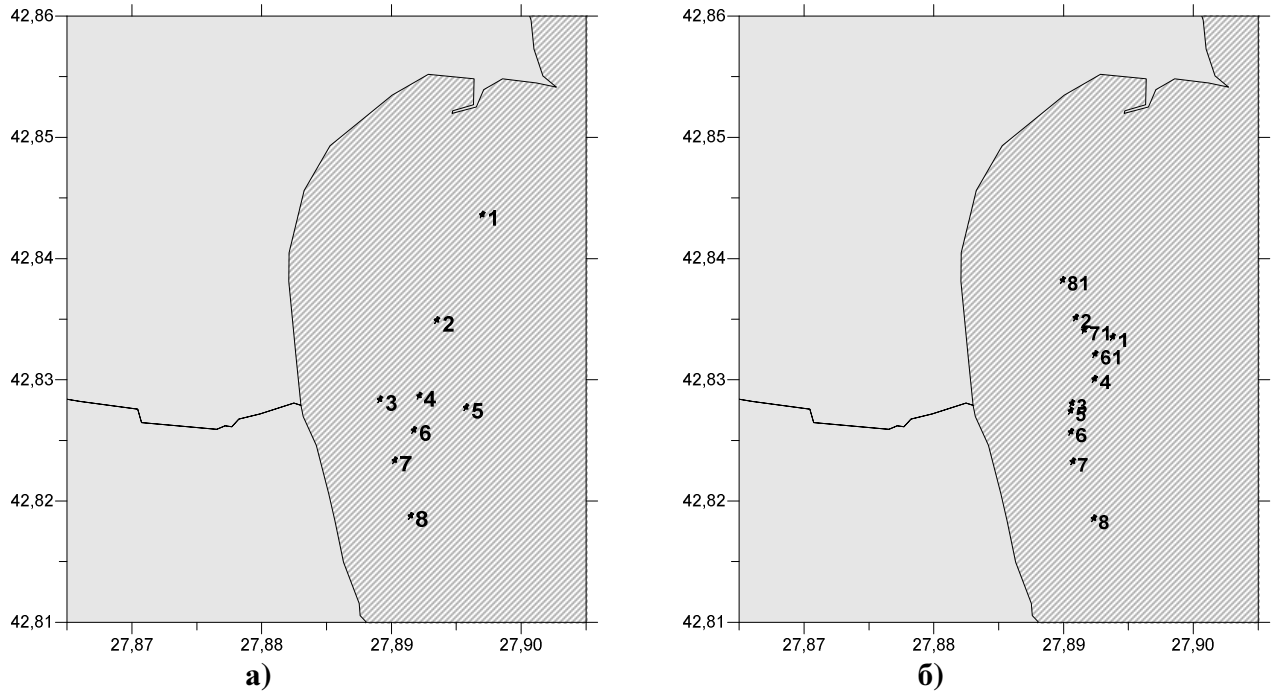
Лятната снимка е проведена при типични за сезона условия, в условията на щил и слаб бризов вятър със скорост до 2 m/s от изток и изток-югоизток, при слабо вълнение от 0.5-1 бала, температура на въздуха – 29 °C, атмосферно налягане – 762 mm, влажност – ~51%, слънчево и безоблачно време. Според метеорологичните характеристики може да се приеме, че наблюденията са представителни за периода на най-голяма натовареност с посетители на плажната ивица. Условията за работа в морето на 8 октомври са на разумния предел за осъществяване на измервания и пробонабиране: вятърът, който е от югоизток и юг-югоизток, временно отслабва и е с модул от 2 до 4 m/s, но към обяд средната скорост на вятъра достига 6.5-7 m/s. Вълнението в началото на експедицията е около 2 бала и постепенно се усилва,

температурата на въздуха – 14.6 °С, атмосферното налягане – 758.8 mm с тенденция към намаляване, влажността – 58%, видимостта – 20 km, облачността 70 – 80%.

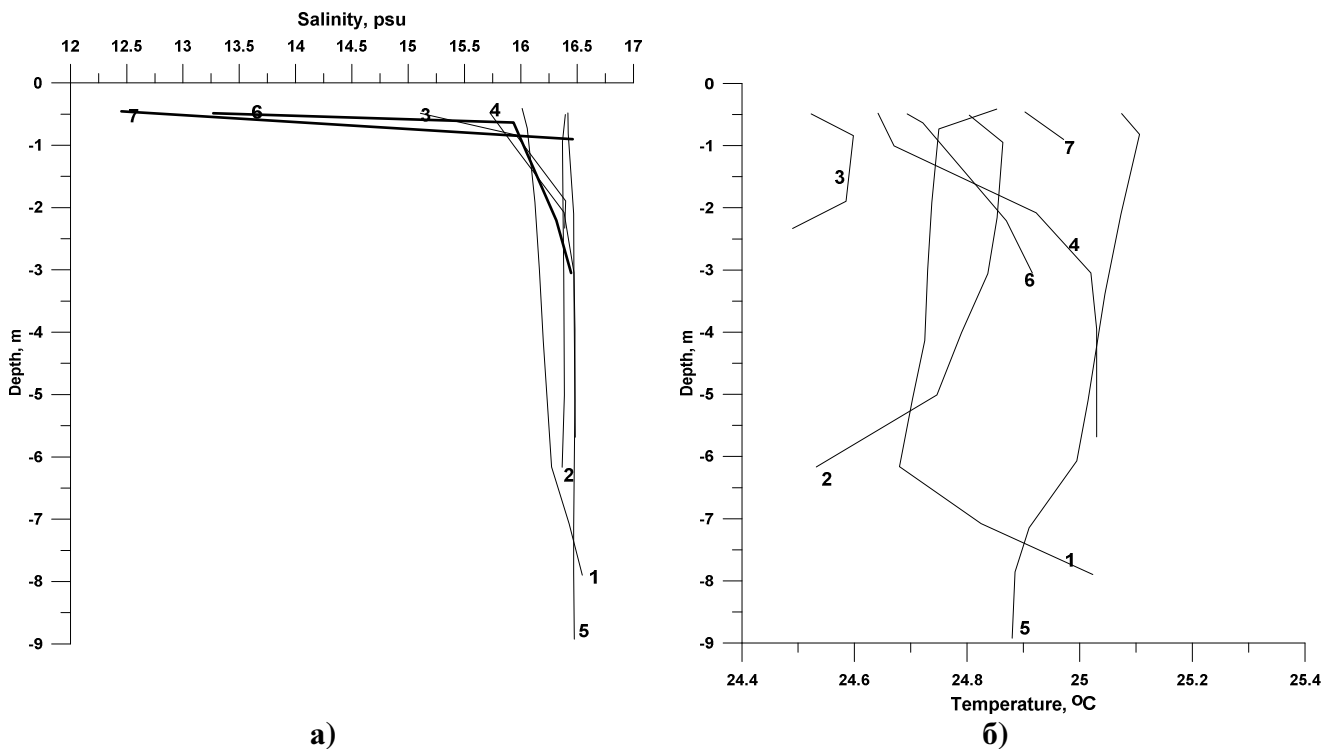
По поречието на р. Двойница не се поддържат регулярни хидроложки наблюдения. Най-близко разположените в района реки, за чиито дебит има ежемесечните данни, са Камчия, Айтоска и Ропотамо – качествена картина за количеството на изливащите води може да се създаде от ежемесечните бюлетени на НИМХ при БАН [7]. Общо за Черноморския водосборен басейн обемът на речния отток за юли, август, септември и октомври е съответно 73, 41, 33 и 43 млн. m³, наблюдаваните реки са без съществена промяна и във всички оперативни хидрометрични станции са регистрирани продължителни периоди на задържане на речните нива при минимални денонощни колебания. Всичко това подсказва, че дебитът на р. Двойница през изследвания период е бил без аномалии, в рамките на климатичната норма.

Таблица 1. Координати по пространството и времето на океанографските станции, дълбочина [m] на морското дъно **H** и на диска на Сечи

Дата	Станция №	φ	λ	H m	Сечи-диск m	време
6.8.2013 г.	1	42°50.600'	27°53.510'	7.8	5	09:35
	2	42°50.078'	27°53.300'	6.5	4.5	09:55
	3	42°49.686'	27°53.037'	1.7	мътна вода	10:10
	4	42°49.704'	27°53.219'	5.6	водна леща	10:15
	5	42°49.647'	27°53.435'	8.8	6.5	10:27
	6	42°49.534'	27°53.194'	4.0	водна леща	10:35
	7	42°49.384'	27°53.105'	1.8	прозрачна	10:50
	8	42°49.109'	27°53.179'	1.9	-	10:55
8.10.2013 г.	1	27°53.317'	42°49.995'	6.9	6	11:10
	2	27°53.146'	42°50.091'	3.8	до дъно	12:20
	3	27°53.129'	42°49.667'	3	до дъно	11:30
	4	27°53.233'	42°49.787'	5.4	5	12:05
	5	27°53.123'	42°49.629'	2.5	до дъно	11:35
	6	27°53.124'	42°49.525'	3.5	до дъно	11:40
	7	27°53.133'	42°49.379'	3.2	до дъно	11:45
	8	27°53.230'	42°49.097'	4	до дъно	11:54
	71	27°53.186'	42°50.029'	4.7	до дъно	12:16
	81	27°53.086'	42°50.276'	3.8	до дъно	12:25
	61	27°53.236'	42°49.910'	5.8	5	12:12



Фиг. 1. Разположение на станциите на 6.08.2013 г. (а) и 8.10.2013 г. (б)



Фиг. 2. Вертикални профили на солеността, ‰ (а) и температурата, °C (б), измерени на 6.08.2013 г. Номера на станциите - вж. фиг. 1а.

4.1. Състояние на крайбрежните води в условията на открито речно устие

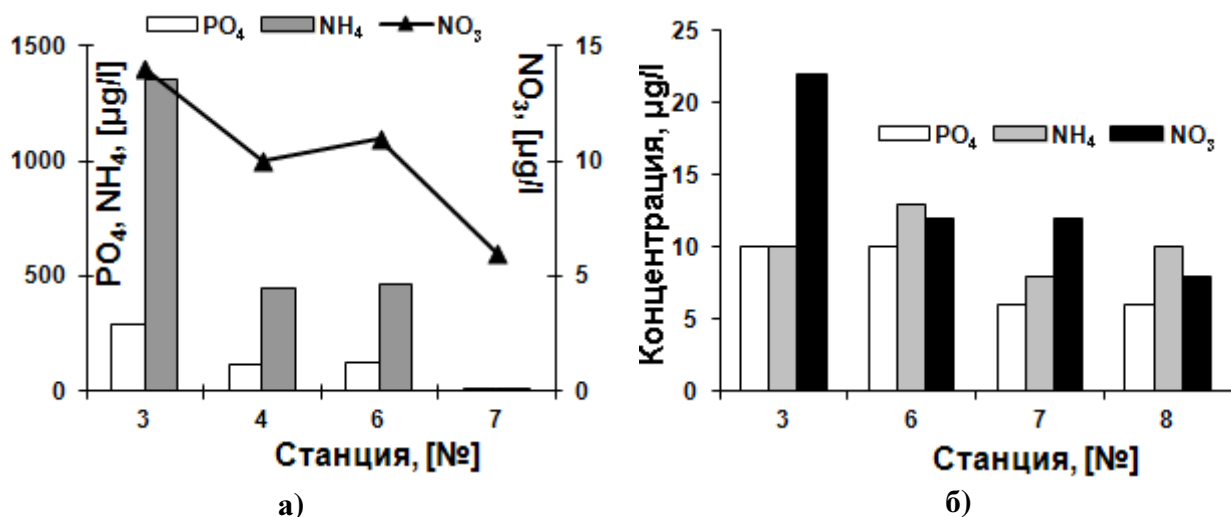
Данните от измерванията на физическите параметри на морската среда от август 2013 г. показват, че най-повлияни от реката са станции с номера 7, 6, 3 и 4 (фиг. 1) – в тях солеността на повърхностните води е различимо по-ниска от тази в другите точки (фиг. 2а). Станции № 3 и

№ 4, които са разположени в створ с устието, са с относително по-висока соленост отколкото № 7 и № 6 и следователно речните води са „притиснати” към брега с основна посока на разпространение – на юг към Обзор. Речното влияние е по-добре изразено в акваторията с дълбочини под 2 m (станции № 3 и № 7), т.е. в тясна ивица до самия бряг. В точка № 5, която е пред устието (и е с дълбочина около 8 m) и в № 8 (най-южно разположената, дълбочината е под 2 m) речното въздействие е затихнало и не се забелязва. Трансформацията по пространството на речната вода се установява и визуално по мътноста на проникващата пред устието вода, както и по дълбочината на видимостта на диска на Секи (табл. 1), която е най-добра в станциите № 1, № 2 и в разположена в створ с устието № 5.

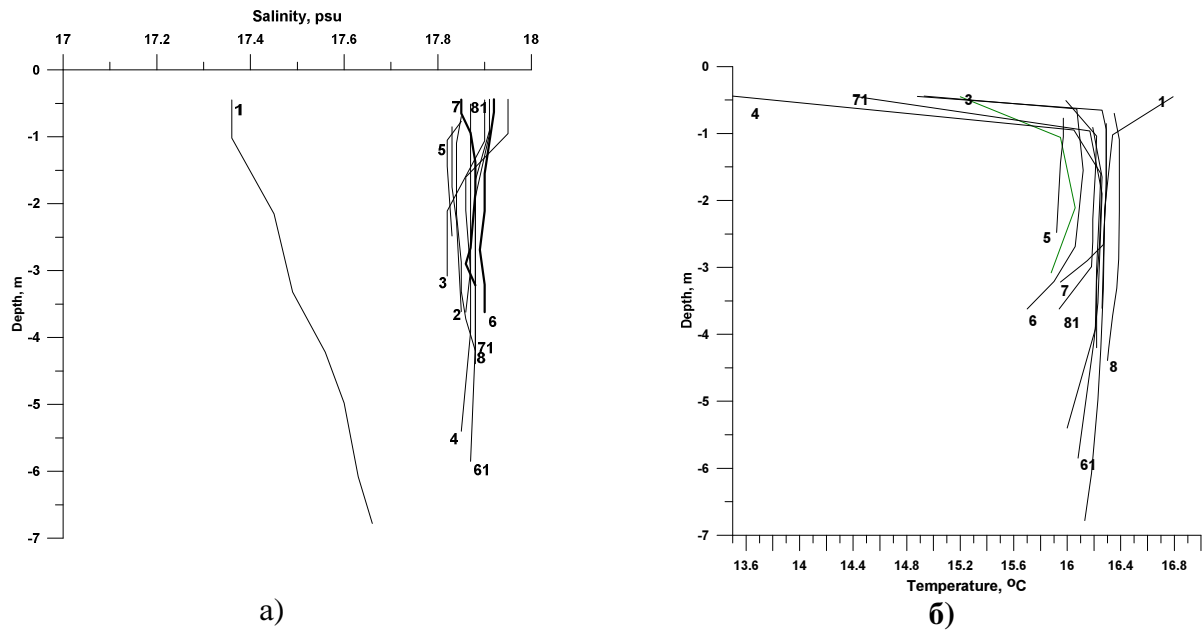
В полето на температурата не се проявяват никакви отклонения от характерните за плитководието през този сезон стойности: пространствените отличия между отделните точки и по хоризонтала, и по вертикала са в диапазона на 0.6 °С, т.е. изследваният регион е хомогенизиран като измерените температури (около 24.5 – 25 °С) са типични за крайбрежните води през август (фиг. 2б). В качеството си на референтна точка може да се разглежда станция № 1.

Резултатите от изследванията на хидрохимичните показатели в крайбрежната акватория са представени в табл. 2. Измерените параметри не превишават нормите според Наредба № 11 за води за къпане. Кислородното съдържание в повърхностните води се изменя в границите 4.72 - 5.48 ml/l, а кислородната наситеност варира от 100.0 до 106.4 %; в придънния слой границите на изменение са 8.53-8.55 ml/l, наситеността надвишава 100% и следователно водният стълб е добре аериран. Единствено в станция № 2 (която според хидрофизичните показатели не попада под прякото въздействие на речния приток) наситеността в придънните води е едва 90.5 %, съответстваща на минимална стойност за разтворения кислород от 4.72 ml/l.

Пространственото разпределение в повърхностните води се характеризира с повишено биогенно съдържание в източна (станция № 3) и южна (станции №4 и №6) посока от устието. Това повишение, породено от постъпилния речен отток, се откроява добре и при азотните форми, и за фосфатите и е в съответствие с понижената соленост на същите станции (фиг. 3а). Въпреки по-ниската соленост на станция № 7, на база на данните по химичните параметри не може да се установи речно влияние. Следователно и хидрохимичните наблюдения потвърждават изводите от анализа на хидрофизичните данни, че преносът на речни води е в южна и югоизточна посока, по-слабо е изразен в акваторията непосредствено срещу самото устие, а речното влияние затихва докъм станция № 7.



Фиг.3. Съдържание по станции на PO₄, NH₄ и NO₃ [µg/l] в повърхностния слой през лятото (а) и есента (б); номера на станциите - вж. фиг. 1



Фиг. 4. Вертикални профили на солеността, ‰ (а) и температурата, °С (б), измерени на 8.10.2013 г. Номера на станциите - вж. фиг. 1б.

4.2. Състояние на крайбрежните води в условията на закрито речно устие

Данните от октомври 2013 г. могат да се приемат за представителни по отношение на качеството на морските крайбрежни води при отсъствие на директно речно въздействие. Океанографският анализ на резултатите от наблюдението показва, че под въздействие на вятъра в изследваната акватория са пренесени води от вътрешността на морето – измерените стойности на солеността са типични за води от открития шелф. Всички измервания попадат в много тесен диапазон на изменение (фиг. 4а) – подобна хомогенизация потвърждава ролята на вятъра и вълнението при формиране на характеристиките на водните маси в акваторията. Станция № 1 (фиг. 1б), която е с най-голяма дълбочина (~7 m), както и № 8 и № 81, които са най-отдалечени от устието в северна и южна посока, са фонове, но с известна условност за първата станция, и те са с аналогична соленост. Температурното поле (фиг. 4б) е с по-пъстро разпределение на стойностите, което е характерно за този период поради засиленото съвместно влияние на адвекцията, вертикалното смесване, дневното затопляне и на конвекцията (в резултат от нощното понижаване на температурата на атмосферата). Важен е изводът, че по термохалинни индекси не се откриват води, повлияни от въздействието на р. Двойница.

При хидрохимичните показатели на морската вода се наблюдава слабо повишение на нитратния азот в станции № 3 и № 4 и на амониевия азот в станция № 5 (фиг. 3б). Тъй като тези точки са локализиращи в района прилежащ на устието, възможно е това да е остатъчно въздействие от речния отток, още повече че като степен на изменение на концентрациите то е незначително в сравнение с наблюдаваното през август. Сравнението между данните от двете наблюдения показва многократно – на два порядъка, по-високи концентрации на фосфати и амоний при открито речно устие (вж. фиг.3а и фиг.3б). Като цяло хидрохимичните показатели при затворено устие на реката се характеризират с по-ниска пространствена изменчивост, наблюдаваните различия в химичните показатели в зоната пред устието в сравнение с тези в по-отдалечените от реката станции (станции № 1 и № 2) не са съществени, което съответства на описаната по-горе относителна еднородност на морската вода. Разтвореният кислород и наситеността варират съответно от 6.32 до 6.72 ml/l и между 102 и 109%, рН е в интервала 8.44-8.50.

5. Заключение

Набраната в рамките на проведените две изследвания океанографска информация позволява да се направят следните изводи:

1. Потвърждава се предположението, направено по-горе, че р. Двойница в определени случаи може да се явява като точков източник на замърсяване. Добре изразеното през август повишение на биогенно съдържание (фосфати, нитрати, амоний), източно и южно от устието на реката, е свидетелство за речното влияние върху качеството на морските води. При затваряне на устието прилежащата му акватория се изравнява по-бързо по термохалинните си характеристики с околната среда, докато при биогените е възможно запазване за по-дълго на следи от речното въздействие.

2. Речното влияние се проследява по полето на солеността на морската вода на разстояние до около 600 m (не повече от 1000 m) южно от устието. По посока на морето трансформирането на водите се проследява до около 800 m от брега и е приключило на около 1000 m. В случаите от т. 1 най-застрашен е намиращият се в непосредствена близост до устието плаж – този пред хотел „Хелиос Бей”. Поради тази причина при епидемиологична заплаха може да се препоръча налагане за определен период от време на забрана за използване на плажната ивица и прилежащата акватория от водите за къпане с дълбочина до 2 m на протежение от 1000 m от устието.

Получените резултати са първи по рода си и за тяхното уточняване се нужни допълнителни наблюдения, които да обхванат по-широка палитра от хидрометеорологични ситуации и хидрологични състояния на реката. Допълнителните изследвания ще позволят да се подобри ефективността на осъществяваните мониторингови наблюдения, да се изведат обосновани и реалистични нормативи за налагане на възбрани и ограничаване при опасни ситуации на достъпа до плажната ивица и водите от зоната за къпане в района.

Литература

1. Доклад за състоянието на водите в Черноморски басейнов район през 2013, БДЧР, 91с.
2. Трухчев Д., Г. Щерева, А. Кръстев, Т. Траянов, 2011. Океанографски изследвания в крайбрежната акватория, повлияна от втока на река Камчия. – Известия на СУБ, 2'2010, 79-89.
3. Щерева Г., Д. Трухчев, А. Кръстев, Т. Траянов, 2011. Океанографско изследване в крайбрежната акватория пред устието на река Камчия. – Изв. на СУБ, 2'2009, 81-88.
4. Щерева Г., Д. Трухчев, А. Кръстев, Т. Траянов, 2008. Хидрофизични и хидрохимични изследвания в акваторията пред устието на р. Камчия. – Изв. на СУБ, 2'2007, 68-72.
5. Щерева Г., Б. Джурова, 2005. Биогенни елементи в крайбрежните води под влиянието на речния вток. – Изв. на СУБ, 2'2005/1'2006, 107–112.
6. Grashoff K., M. Ehrhard, K. Kremling, 1983. *Methods of seawater analysis, 2d edd.*, Verlag chemie, 419 pp.
7. Национален институт по метеорология и хидрология БАН, 2013. Месечен бюлетин. – София, 7, 8, 9 и 10.

За контакти:

проф., дфн Димитър Иванов Трухчев, Институт по океанология – БАН,
0887 871 851, truhi@io-bas.bg

проф. д-р Галина Петрова Щерева, Институт по океанология – БАН, 0897 868 539,
g.shtereva@io-bas.bg

гл. ас. Антон Илиев Кръстев, Институт по океанология – БАН, 0887 313 427,
a.krastev@io-bas.bg

гл. ас. Виолета Христова Слабакова, Институт по океанология – БАН, 0897 868 531,
v.slabakova@io-bas.bg